СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колмогоров В.Л. Механика обработки металлов давлением.М.: Металлургия, 1986.

УДК 6.1.762

С.С.Клименков, канд. техн. наук, В.В.Селивончик

МИНИМИЗАЦИЯ МОЩНОСТИ ШНЕКОВОГО ПРЕССОВАНИЯ

Минимизацию энергетических затрат шнекового прессования выполним применительно к винтовому каналу постоянного по длине профиля. Задача в конечном итоге сводится к расчету оптимального профиля продольного сечения канала шнека плоскостью Σ_θ. Искомую поверхность канала Σ_1 зададим уравнением $r = r_{\Sigma_1}(\theta, z) = f(z - a\theta)$, активная поверхность Σ_2 сопрягаемой со шнеком гильзы описывается уравнением $r = r_2$. Линии пересечения поверхностей Σ_1 и Σ_2 будут описываться уравнениями

$$z = z_1(\theta) = a\theta \quad , \quad r = r_2;$$
$$z = z_2(\theta) = a\theta + b, \quad r = r_2,$$

где b - длина линии пересечения поверхности Σ_2 с плоскостью Σ_θ.

Будем исходить из следующих кинематических соотношений:

$$u_1 = 0 \;; \quad u_2 = r u(\theta) \;; \quad u_3 = a u(\theta).$$

Аналогично работе [1] мощность, необходимая для преодоления контактного трения порошка о поверхность канала, определяется выражением

$$N_{\Sigma_1} = -\iint_{\Sigma_1} (T_\sigma \; \bar{e}_2) \bar{n} u r \, ds.$$

На поверхности Σ_1

$$n = \frac{1}{\sqrt{1 + (f')^2}} (-1, -af', f), \; ds = f\sqrt{1 + (f')^2} \, dz \, d\theta,$$

где f' -- производная функции f.

После преобразований получим

$$N_{\Sigma_1} = -K_1 \int_{z_1}^{z_2} f^2\sqrt{1+(f')^2}\,dz \int_{\theta_0}^{\theta_1} \xi \sigma_2\, d\theta ,$$

где K_1 - коэффициент трения порошка о поверхность Σ_1; ξ - коэффициент бокового давления.

При условии постоянства параметра m минимизация мощности N_{z_1} сводится к минимизации параметра:

$$m_1 = -K \int_{z_1}^{z_2} f^2\sqrt{1+(f')^2}\,dz$$

Для решения поставленной задачи введем полярную систему координат $\{y, \varphi\}$. Полярный полюс расположим на линии пересечения поверхностей Σ_2 и Σ_θ. Угол будем отсчитывать против часовой стрелки. Пусть линия пересечения поверхностей Σ_1 и Σ_2 в системе координат $\{y, \varphi\}$ задается уравнением $y = A(\varphi)$. Тогда

$$m(A) = \int_0^{\pi}\int_0^{A} (z_2 - y\sin\varphi)\, y\,dy\,d\varphi = \int_0^{\pi}\left(z_2 \frac{A^2}{2} - \frac{A^3}{3}\sin\varphi\right) d\varphi, \tag{1}$$

$$m_1(A) = \int_0^{\pi} (z_2 - A\sin\varphi)^2 \sqrt{A^2 + (A')^2}\, d\varphi .$$

Параметры $m(A)$, $m_1(A)$ являются функционалами, зависящими от функции $A(\varphi)$. Необходимо определить такую функцию $A(\varphi)$, чтобы при некотором фиксированном значении $m(A)$ функционал $m_1(A)$ имел минимальное значение.

Стандартная задача на условный экстремум для функционала

$$\varnothing(A, \lambda) = m_1(A) + \lambda(m(A) - m_0) . \tag{2}$$

Используя (1), преобразуем (2):

$$\varnothing(A, \lambda) = \int_0^{\pi} (z_2 - A\sin\varphi)^2 \sqrt{A^2 + (A')^2}\, d\varphi + \lambda\left[\int_0^{\pi}\left(z_2 \frac{A^2}{2} - \frac{A^3}{3}\sin\varphi\right) d\varphi - m_{10}\right].$$

Положим

$$A_1 = (z_2 - A\sin\varphi)^2 \sqrt{A^2 + (A')^2} ,$$

$$A_2 = z_2 \frac{A^2}{2} - \frac{A^3}{3}\sin\varphi ,$$

тогда $$\Phi(A,\lambda) = \int_0^T A_1 d\varphi + \lambda\left[\int_0^T A_2 d\varphi - m_{20}\right].$$

Для определения экстремума функционала необходимо вычислить вариацию этого функционала и приравнять ее к нулю. Пусть δA - вариация A, δA - вариация λ, , $\delta\Phi$ - вариация Φ.

Отсюда

$$\delta\Phi = \int_0^T\left(\frac{\partial A_1}{\partial A}\delta A + \frac{\partial A_1}{\delta A'}\delta A\right)du + \lambda\int_0^T\frac{\partial A_2}{\partial A}\partial A du + \delta\lambda\left[\int_0^T A_2 du - m_{20}\right]$$

После интегрирования и преобразований имеем

$$A'' = 2\frac{A'\cos\varphi - A\sin\varphi}{A(z_2 - A\sin\varphi)}\left[A^2 + (A')^2\right] + A + \frac{2(A')^2}{A} + \lambda\frac{\left((A^2 + (A_1)^2\right)^{3/2}}{A(z_2 - A\sin\varphi)}$$

Таким образом, получено дифференциальное уравнение второго порядка относительно функции A (φ). По результатам числовых расчетов на ЭВМ построены оптимальные профили винтовых каналов. По форме они приближаются к части эллипса, симметричной относительно малой оси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клименков С.С., Селивончик В.В. Мощность и момент шнекового прессования //Пути совершенствования технологических процессов в машиностроении. Мн.: Университетское, 1990.

УДК 621.762.4.

С.С.Клименков, канд. техн. наук, В.В.Селивончик

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРЕССОВАНИЯ ПОРОШКОВ В КАНАЛАХ ШНЕКОВ

Экономическая эффективность технологических процессов в первую очередь определяется общей энергоемкостью. Их энергетический анализ удобно проводить, используя также в качестве критерия коэффициент полезного действия (кпд). Изучение кпд позволяет выявить факторы, в наибольшей степени влияющие на общие энергозатраты, что дает возможность снизить действие последних, а иногда и нейтрализовать или устранить их.

Ниже приводится расчет кпд применительно к шнековому прес-